

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Katedra materiálů a technologií pro automobily



## **ANALÝZA CHEMICKÉHO SLOŽENÍ MATERIÁLU KULOVÉHO ČEPU**

### **ANALYSIS OF CHEMICAL COMPOSITION OF BALL PIN**

Autor práce: Tomáš Glabasňa

Vedoucí práce: Ing. Jiřina Vontorová, Ph.D.

Ostrava 2015

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Glabasňa**

Studijní program: B3923 Materiálové inženýrství

Studijní obor: 3911R034 Materiály a technologie pro automobilový průmysl

Téma: **Analýza chemického složení materiálu kulového čepu**  
**Analysis of chemical composition of ball pin**

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Popis kulových čepů, jejich druhy a využití v automobilovém průmyslu.
2. Vliv kulových čepů na geometrii vozidla, jejich kontrola a výměna.
3. Charakterizace základních materiálů kulových čepů pomocí BULK analýzy GDOES.
4. Stanovení obsahů C, S, O, N pomocí elementární analýzy.
5. Vyhodnocení získaných výsledků.

### Seznam doporučené odborné literatury:

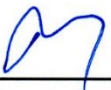
1. VLK, František; Podvozky motorových vozidel. Vydání 3. Brno 2006. ISBN 80-239-7474-X
2. JAN, Zdeněk; ŽDÁNSKÝ, Bronislav; ČUPERA, Jiří; Automobily –Podvozky. Vydání 2. Brno: AVOID, spol. s.r.o., 2009. MŠMT čj. 15 296/2007-23
3. POŠTA, Josef a kol.; Opravárenství a Diagnostika II. Vydání 2. Praha 2008, ISBN 978-80-7333-066-8

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

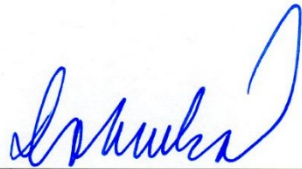
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiřina Vontorová, Ph.D.**

Datum zadání: 28.11.2014

Datum odevzdání: 30.04.2015

  
doc. Ing. Petr Tomčík, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.  
děkanka fakulty

# Zásady pro vypracování bakalářské práce

## I.

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

## II.

### Uspořádání bakalářské práce:

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list                              | 6. Obsah BP                  |
| 2. Originál zadání BP                        | 7. Textová část BP           |
| 3. Zásady pro vypracování BP                 | 8. Seznam použité literatury |
| 4. Prohlášení + místopřísežné prohlášení     | 9. Přílohy                   |
| 5. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky |                              |

ad 1) Titulní list je koncipován podle požadavků příslušné oborové katedry.

ad 2) Originál zadání BP obdrží student na oborové katedře.

ad 3) Tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“ následují za originálem zadání BP. („Zásady pro vypracování bakalářské práce“ jsou ke stažení na webových stránkách fakulty).

ad 4) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listu (ke stažení na webových stránkách fakulty) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnícké nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.

ad 5) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listu česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 6) Obsah BP se uvádí na zvláštním listu. Zahrnuje názvy všech číslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 7) Textová část BP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
- Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP nemusí obsahovat experimentální (aplikační) část.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na

ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 9).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost.

U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

- ad 8) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.

- ad 9) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

### III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*

*Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství*

*Katedra . . . . .*

uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

dole: *Rok*

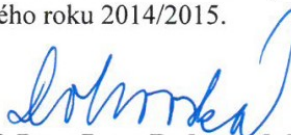
*Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě.

### IV.

Nesplnění výše uvedených zásad pro vypracování bakalářské práce může být důvodem nepřijetí práce k obhajobě. O nepřijetí práce k obhajobě rozhoduje v tomto případě garant příslušného studijního oboru. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2014/2015.

Ostrava 4. 11. 2014



**Prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.**

děkanka fakulty metalurgie a materiálového inženýrství  
VŠB-TU Ostrava



## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

**Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně.**

V Ostravě 30.4.2015

  
Tomáš Glabasňa

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá chemickým složením materiálu kulového čepu. Existuje nepřeberné množství kulových čepů a využívají se ve stovkách odvětví průmyslu, strojů, nebo zařízení. Práce informuje o základech, funkčnosti a především obsahu chemických prvků v této součásti. Kulové čepy jsou nedílnou částí podvozků vozidla. V řízení vozu se jich vyskytuje hned několik. Proto je v BP popisován kulový čep využívaný v automobilovém průmyslu.

V praktické části je vysvětlena metoda analýzy, kterou byl zjištěn výskyt jednotlivých prvků v připraveném vzorku. V této části je znázorněna i samotná příprava vzorku.

## **Klíčová slova:**

Kulový čep, Podvozek, Náprava, Spektrální analýza, GDOES

## **Abstract**

This thesis deals with a composition of material of a ball joint. There exists any amount of ball joints and they are used in hundreds of branches of industry, machines or apparatus. Thesis informs about basics, functionality and primarily about content of chemical components in this part. Ball joints form an integral part of a vehicle's chassis. There are many of them in the steering gear of the vehicle. That is why this thesis regards primarily ball joints in the car industry.

Practical part explains methods of analysis which ascertained presence of individual components in a prepared sample. This section also demonstrates preparation of the sample itself.

## **Keywords:**

Ball joint, Chassis, Axle, Spectral Analysis, GDOES

### **Poděkování**

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování bakalářské práce děkuji vedoucí bakalářské práce paní Ing. Jiřině Vontorové, Ph.D a za pomoc s vyhodnocením Ing. Petře Váňové, Ph.D. Dále pak děkuji všem, kteří mne podporovali během mého studia.

## **OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>5</b>
2.1	Podvozek .....	5
2.1.1	Řízení.....	6
2.1.2	Zavěšení kol.....	9
2.2	Kulový čep .....	11
2.2.1	Materiály kulového čepu .....	13
2.2.2	Vliv kulových čepů na geometrii vozidla.....	15
2.2.3	Kontrola kulového čepu.....	16
2.2.4	Výměna kulového čepu .....	18
<b>3</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>19</b>
3.1	Experimentální materiál .....	19
3.1.1	Příprava experimentálního materiálu .....	19
3.2	Experimentální metody .....	22
3.2.1	Optická emisní spektrometrie.....	23
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>31</b>



# 1 ÚVOD

V současné době je odběrateli kladen velký nárok na jízdní komfort. Jízdním komfortem je myšlen nejen design interiéru vozu, ale také hlučnost a plynulost jízdy. S plynulostí jízdy a hlučností je spojena sama konstrukce vozu, jako např. druh nápravy, motoru, podvozku, apod.

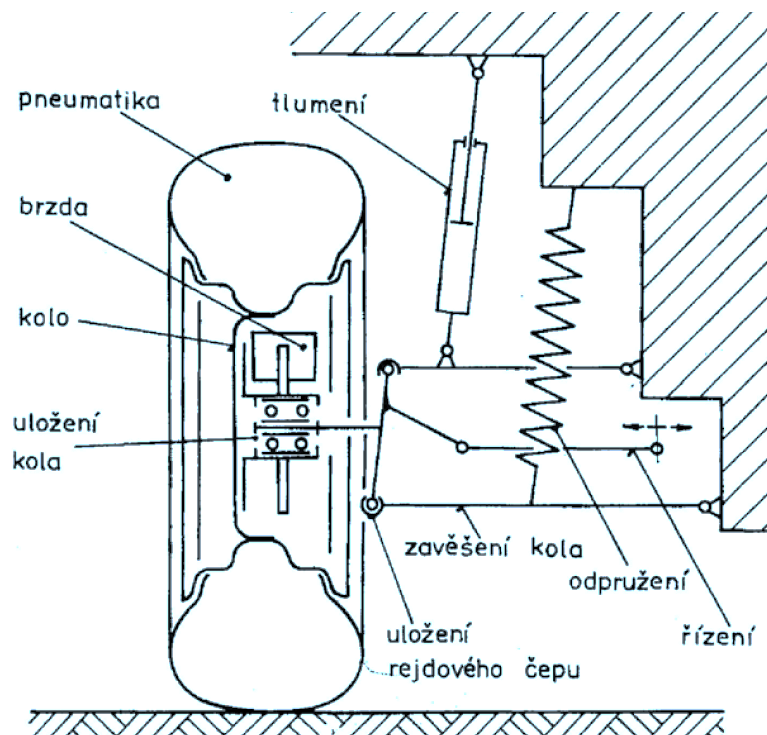
Tato práce je zaměřena na podvozek automobilového vozu a to především na kulové čepy, které mají v jeho konstrukci nemalý význam. U kulových čepů je míněna hlavně jejich funkčnost, materiálové složení a druhy. Praktická část je zaměřena na zjištění chemického složení materiálu kulového čepu a to ze tří vzorků kulového čepu a jednoho vzorku pouzdra kulového čepu.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Podvozek

Podvozek je součást dopravních prostředků, které ke své funkci vyžadují pohyb po pevné ploše. Podvozek lze rozdělit podle několika hlavních prvků, tyto prvky jsou brány jako základní, následně jsou děleny na jejich součásti (viz Obr. 1) [1], [10]:

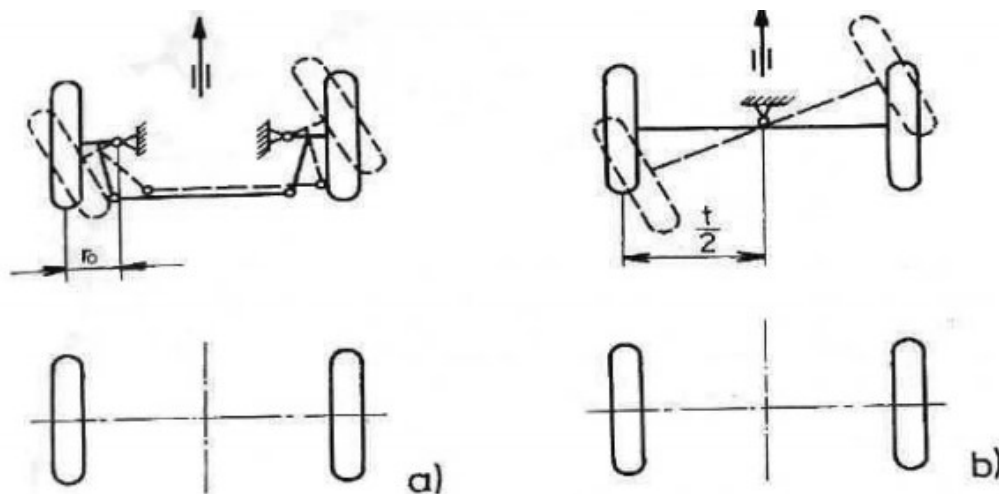
- **Zavěšení kol** - způsob, jakým jsou kola připojena k podvozku. Umožňuje přenášení svislého pohybu při pružení. Přenáší taky momenty a síly, které vznikají mezi kolem a karoserií vozu.
- **Odpružení a tlumení kol** – zmírňuje přenos kmitavých pohybů vycházejících z nerovností terénu.
- **Řízení** – umožňuje udržování směru jízdy, či jeho změnu.
- **Brzdová soustava** – slouží ke snížení rychlosti pohybujícího se vozidla, nebo k jeho úplnému zastavení a umožňuje zajištění již stojícího vozu.
- **Kolo s pneumatikou** – spojují vozidlo a vozovku. Kola nesou hmotnost celého vozu, včetně jeho obsahu (zavazadel, posádky, atd.).



Obr. 1 Schéma uložení kola [1]

### 2.1.1 Řízení

Řízení je část vozidla, díky které může vozidlo držet směr jízdy, nebo jej měnit. V současné době se rozlišují dvě konstrukční řešení. První možnost se využívá především u návěsů. Jedná se o řízení celou nápravou, která má za úkol kopírovat směr vozu, na který je návěs napojen. U vozidel s vlastním pohonem se používá možnost číslo dvě a to je řízení pomocí jednotlivých kol. Vozy jsou řízeny natáčením kol na přední nápravě kolem osy řízení. V některých případech se můžou u nákladních vozidel vyskytnout dvě přední nápravy. To znamená, že se natáčí obě dvě. Byla také vyvinuta možnost řízení zadních kol i u osobních automobilů, ale používá se pouze u pracovních strojů a dlouhých návěsů, u kterých je horší ovladatelnost. V současnosti se ve vozidlech zavádí tzv. aktivní řízení předních kol [1].



**Obr. 2** Schéma dvou druhů řízení

a) pomocí předních kol b) pomocí celé přední nápravy [1]

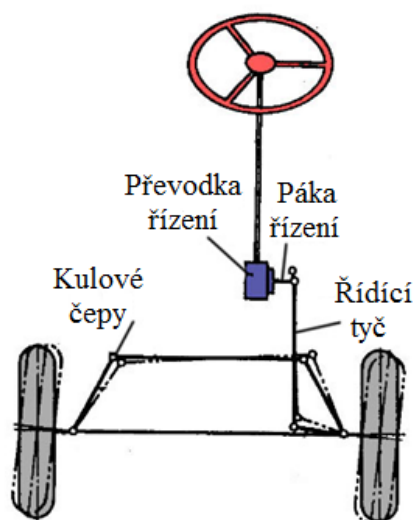
Řízení se dále podle druhu rozlišuje na:

#### 1. Přímé řízení

Přímým řízením je myšlen převod síly řidiče na převodku, která následně natáčí kola zavěšená na nápravě. Převodky jsou rozděleny na [2]:

- **Hřebenové** – pastorek spojený s hřídelí volantu, zabírá do ozubení hřebenové tyče. Otáčením volantu se samotná tyč posouvá a pomocí řídicích tyčí natáčí kola. Je přesná a jednoduchá.

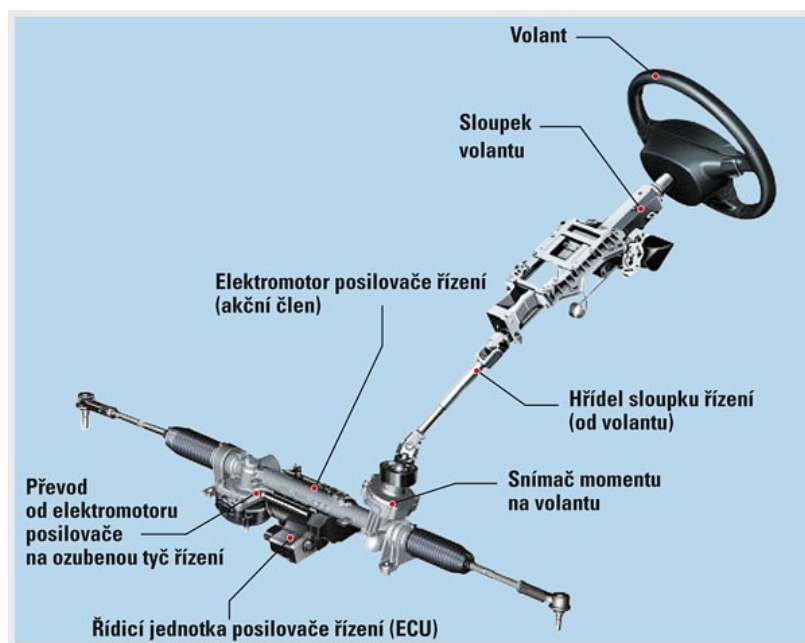
- **Maticové** – šroub s pohybovým závitem a bronzovou maticí, která se otáčením šroubu posunuje a přenáší pohyb přes kulisu na hřídel a řídicí páku.
- **Šnekové** – při otáčení volantu se zároveň otáčí i šnek a s ním i do něj zapadající šnekový segment, který je spojen s hřídelí hlavní řídicí páky. Tento typ se využívá u nákladních automobilů.



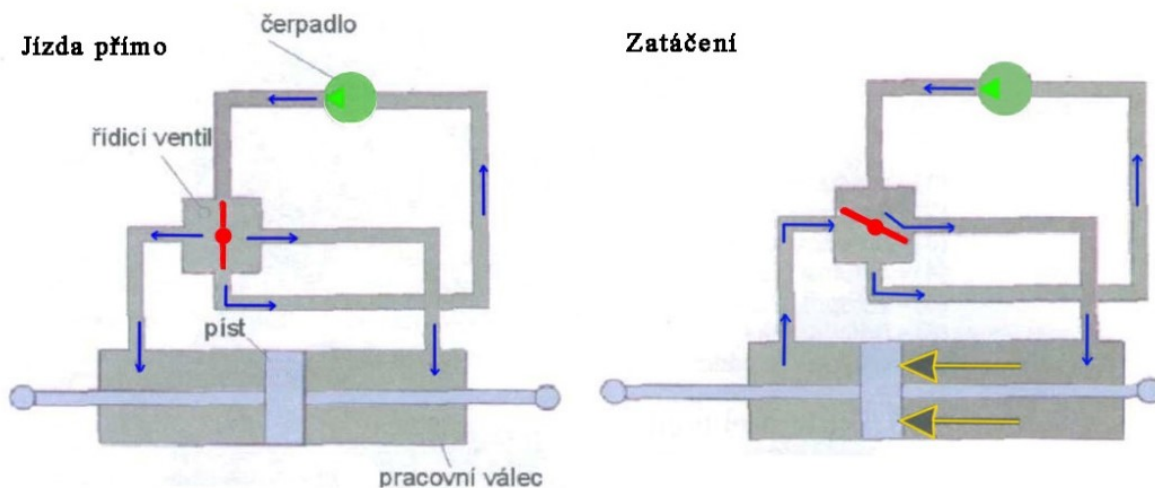
**Obr. 3** Schéma přímého řízení [7]

## 2. Posilové řízení

Nepřímé řízení se provádí přes mezičlen, který má za úkol zmenšit potřebnou sílu, kterou musí řidič vyvinout, aby koly zatočil.



**Obr. 4** Řízení s posilovačem řízení ECU [3]



**Obr. 5** Schéma řízení s hydraulickým posilovačem [7]

Druhy posilovačů řízení [2]:

- **Hydraulický posilovač** – v převodce je umístěn dvojčinný pracovní píst ve válci a ten je řízen hydraulicky. Tlak oleje, který je potřebný k posilovacímu účinku, vzniká vysokotlakým čerpadlem oleje. Natáčením volantu se pohybuje řídící ventil, který přepouští olej pod tlakem na jednu či druhou stranu pracovního pístu. Tento pracovní píst provádí samotné natočení kol.
- **Hydraulický posilovač řízený elektronicky** – elektronická řídicí jednotka redukuje posilovací účinek. Ten je vyhodnocován ze snímače rychlosti. Plný posilovací účinek je k dispozici u stojícího vozidla či při parkování. Při vyšší rychlosti se více redukuje a to pomocí elektro-hydraulického regulátoru (Obr. 5).
- **Elektronický posilovač řízení** – dochází k nahrazování hydraulických posilovačů těmito elektrickými systémy. Hlavní důvod je snížení cen elektronických součástek. Momentálně existují dva druhy označení EPAS (firma Lucas) a EPS (Obr. 4). Jejich předností je hlavně snížení spotřeby paliva, protože hydraulické systémy odebírají výkon motoru, kdy není potřeba tak velkého silového účinku (parkování, rozjezd). Systém snímání je obdobný jako hydraulický posilovač. Využívá se krutové, nebo ohybové deformace namáhaného členu. Řidič si sám může zvolit posilovací účinek podle požadavku.

- **Řízení s proměnlivým převodem** – systém je schopen díky složitým algoritmům a integrovaným elektronickým součástkám pozvolna plynule měnit převodový poměr i proporcionálně měnit tlak v hydraulické soustavě. Dokáže vyvolat úhel větší, než je zadán řidičem.
- **Řízení Steer by Wire** – je plně elektronické řízení, hydraulické systémy jsou plně nahrazeny elektronickými. U toho řízení plně odpadá mechanická vazba mezi koly a volantem.

### 2.1.2 Zavěšení kol

Výrazem „zavěšení kol“ je myšleno přichycení kola k vozidlu (k rámu, karoserii). V současnosti existují tyto možnosti zavěšení kol [14]:

#### **Tuhá náprava**

Tuhá náprava má kola pevně spojena do jednoho celku (Obr. 6). Výhodou těchto druhů náprav je relativní jednoduchost a nižší výrobní náklady. Má však větší neodpružené hmoty a může zhoršovat jízdní vlastnosti na nekvalitních cestách. Starší vozy mívaly tuhé nápravy, zavěšené pouze na listových perech, ta také nápravu vedla v příčném i podélném směru.



**Obr. 6** Tuhá přední náprava, hnací Tatra T-810 [13]



### **Lichoběžníková náprava**

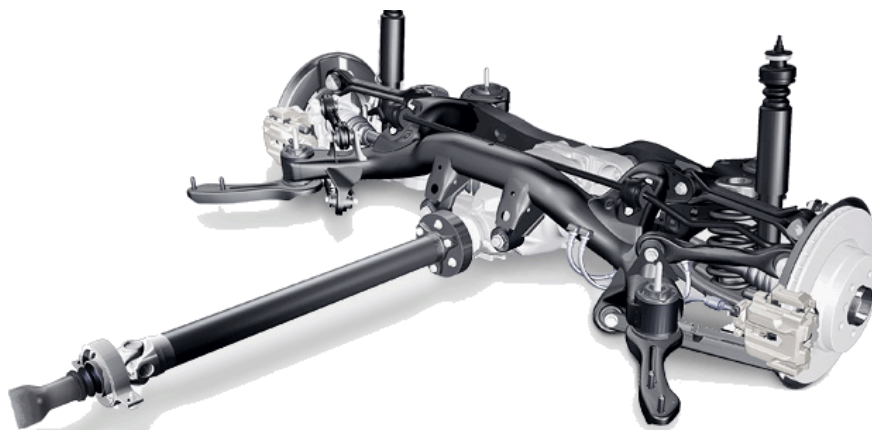
Lichoběžníkovou nápravu (Obr. 7) tvoří dvojice příčných ramen trojúhelníkového tvaru nad sebou, kdy horní rameno bývá kratší než spodní. Pružina a tlumič jsou přes kloub spojeny s dolním ramenem tak, aby nezabíraly příliš místa. Lichoběžníková náprava se používá obvykle na předních nápravách vozů vyšších tříd a zaručuje dobré jízdní vlastnosti.



**Obr. 7** Lichoběžníková náprava [14]

### **McPherson náprava**

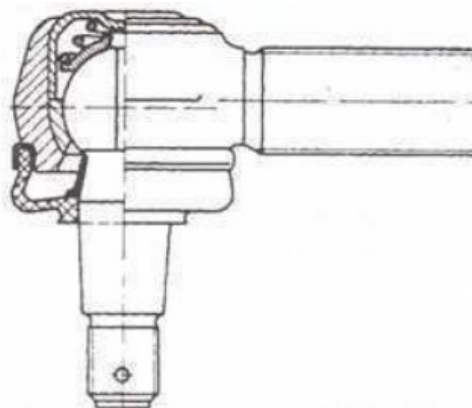
U nápravy typu McPherson (Obr. 8) jsou kola ustavena příčným (většinou trojúhelníkovým) ramenem uchyceným pod osou kola, pružicí a tlumicí jednotkou a spojovací tyčí. Výhody této konstrukce jsou v malé neodpružené hmotě, robustní konstrukci spodního ramene a kompaktní stavbě. Konstrukce, která dostala název podle svého vynálezce, byla po desetiletí zdokonalována a dnes představuje standardní koncepci přední nápravy pro většinu vozidel nižší a střední třídy. Občas je toto zavěšení použito i pro zadní kola automobilu.



**Obr. 8** Náprava McPherson [14]

## 2.2 Kulový čep

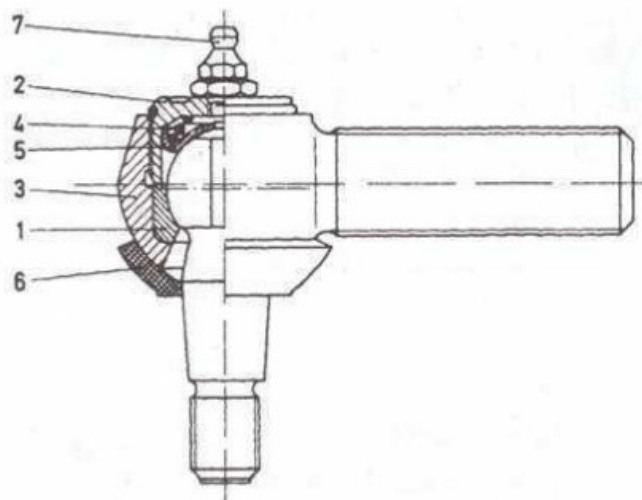
Nedílnou součástí řízení je kulový čep. Čep musí přenášet síly v řízení současně se změnou úhlů spojených tyčí řízení i při částečném naklápění. Kulové čepy jsou zpravidla nerozebíratelné s trvalou tukovou náplní (Obr. 9) a vysokou životností. Pánve (pouzdra) čepu jsou obvykle vyrobeny ze syntetických hmot (např. polyamidu), zatímco vlastní čep je z kvalitní oceli a povrchově zpracován na vysokou tvrdost. Vznikající vůle opotřebováním, a to jak čepu, tak i pánve, je vymežována pružinou [6].



**Obr. 9** Trvale mazaný kulový kloub [2]

Během provozu není potřeba kulové spojení mazat. Pro dlouhou životnost je ale potřeba zabránit vnikání vody a jiných nečistot do čepu a to správnou funkcí pryžové manžety. Dojde-li k poškození manžety, stane se čep během krátké doby nepoužitelným – opotřebování přestoupí předepsané tolerance. Lze tedy zkráceně říct, že životnost kulového čepu je dána funkčností pryžové manžety a trvanlivostí náplně mazacího tuku [6].

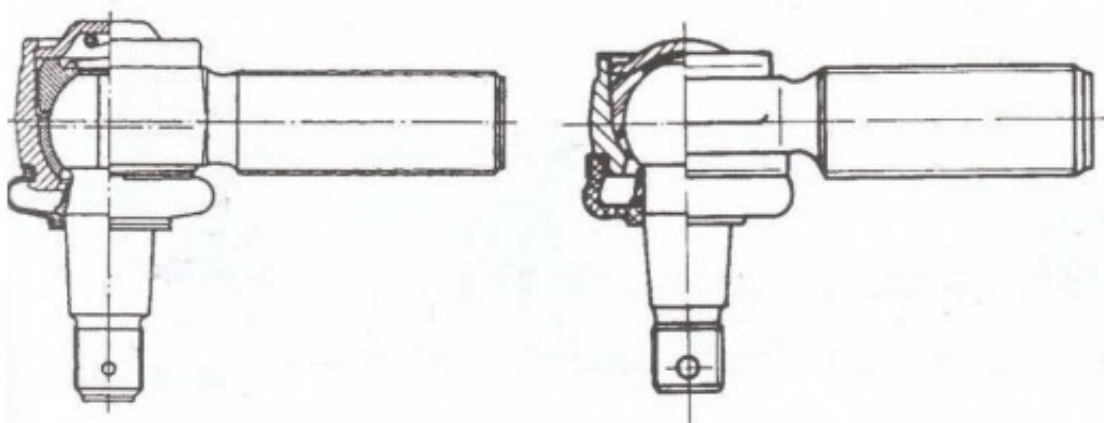
Dříve byly používány kulové čepy, které bylo potřeba mazat (Obr 10.). Teď se tyto klouby používají pouze u větších strojů pracujících v prašném, či nějak jinak znečištěném prostředí (bagry, traktory) [2].



**Obr. 10** Mazaný kulový čep [2]

1-ocelová miska , 2-šroubový uzávěr, 3-hlava kloubu, 4-kuželová pružina,  
5-miska, 6-pružná těsnicí manžeta, 7-tlaková maznice

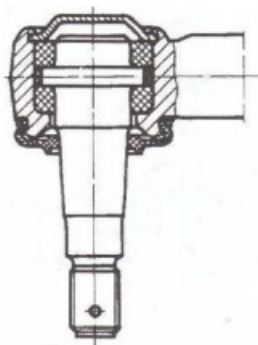
Tyto varianty kulových spojení mohou být rozšířeny o kulový čep s kluznými miskami (Obr. 11), které snesou mírnou zátěž silou v bočním radiálním směru. Z toho důvodu se tyto kulové spojení nejčastěji používají u řídicích a spojovacích tyčí nákladních vozů. U tohoto typu vozů se také používá kulový čep tzv. „pre-cap“, tvoří zde kluznou dvojici (ocel a polyetylén). Oba druhy čepů mají trvalou mazací náplň [1].



**Obr. 11** Kulové čepy [1]

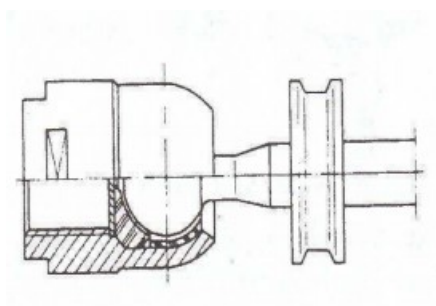
- a) Kulový čep s ocelovými miskami
- b) Kulový čep s jednodílnou polyetylenovou vložkou

Pro mechanismy řízení, u kterých se vyskytuje převodovka řízení s otočným pohybem, se používá hlavní a pomocná páka řízení, které se v podstatě pohybuje pouze paralelně a tudíž nejsou kloubově namáhány. Pro ně se mohou použít pouze jednoduché kulové spojení (Obr. 12). Kloub má polyuretanovou vložku a má možnost odklonění od svislé polohy až o  $7^\circ$  [1].



**Obr. 12** Čepový kloub s polyuretanovou miskou [1]

Mechanismy, které využívají řízení s hřebenovou převodovkou, jsou použity kulové čepy axiální. Čep je z boku namontován k tyči s ozubením, nebo je zde možnost závitů pro připojení k tyči s ozubením v hlavici kloubu (Obr. 13) [1].



**Obr. 13** Axiální kulový kloub [1]

### 2.2.1 Materiály kulového čepu

Čepy jsou zatěžovány velkými silami, a tudíž je kladen vysoký nárok na používaný materiál. Tento materiál musí být jak ekonomicky dostupný, tak svým složením vydržet co největší namáhání. Měl by se vyznačovat dobrou obrobitelností a vysokou životností. Z tohoto důvodu je nejčastěji používán materiál 41CrS4V jedná se o nízkolegovanou chromovou ocel, která byla speciálně navržena pro tento účel. Legovaná ocel vzniká přidáním jiných kovů (prvků) do nízkouhlíkaté oceli. Tyto kovy se přidávají z důvodu zlepšení mechanických vlastností materiálu. Mezi nejčastěji používané kovy patří vanad, chrom, nikl, křemík, mangan a molybden. Oceli rozdělujeme na nízkolegované (mají

obsah jiného kovu do 4 %) a vysokolegované. Mezi vysokolegované oceli je řazena i ocel nerezová [10].

#### **Vliv legujících prvků [8], [9]:**

- Wolfram (W)

silně karbidotvorný – zlepšuje kalitelnost, brzdí růst zrn, zvyšuje odolnost vůči opotřebení při vysoké teplotě, řezivost, odolnost proti popouštění (rychlořezné oceli a pro práci zatepla), zvyšuje žáruvzdornost u nízkoalegovaných ocelí, tvrdost a stálost ostří u nástrojových, zvyšuje mez pevnosti v kluzu.

- Chrom (Cr)

zvyšuje prokalitelnost, pevnost, otěruvzdornost, zvyšuje pevnost zatepla, při vyšším obsahu odolnost proti tvoření okují. Zvyšuje odolnost proti korozi.

- Mangan (Mn)

zvyšuje pevnost bez zhoršení plasticity, zvyšuje ale sklon k hrubnutí zrna při rekrytalizaci. Snižuje tepelnou i elektrickou vodivost, zvyšuje tepelnou roztažnost. Zvyšuje prokalitelnost ale i náchylnost k popouštěcí křehkosti.

- Křemík (Si)

příznivý vliv na omezení nízkoteplotní popouštěcí křehkosti, ve větším množství zvyšuje náchylnost ke vzniku křehkého lomu. V kombinaci s Manganem zajistí vysokou hodnotu meze pružnosti (pružiny). Zvyšuje odolnost vůči oxidaci, žáruvzdornost.

- Hliník (Al)

má sklon k tvoření nitridů s dusíkem a snižuje tak náchylnost ke stárnutí. Při legování zvyšuje odolnost proti oxidaci (povrchová ochrana), je významnou součástí korozivzdorných feritických ocelí s velkým odporem (topné články, odporníky)

- Měď (Cu)

zlepšuje kalitelnost, zvyšuje odolnost proti atmosférické korozi, zhoršuje svařitelnost a houževnatost. U vysokolegovaných korozivzdorných ocelí zvyšuje odolnost proti reakcím s  $H_2SO_4$  a  $HCl$ , jinak je spíš nežádoucí (vznik povrchových trhlin).

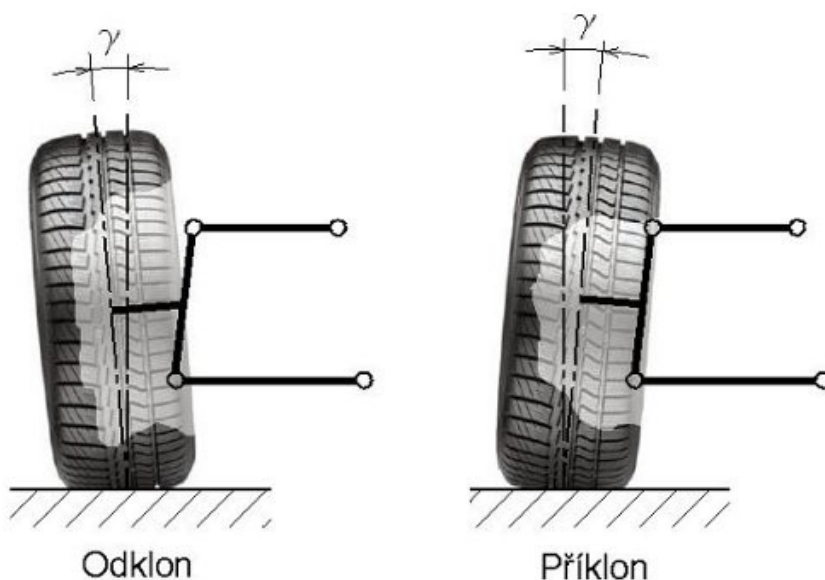
### 2.2.2 Vliv kulových čepů na geometrii vozidla

Geometrie vozidla určuje postavení kol k vozovce. Pomocí geometrie jsou zjišťovány vlastnosti vozu v přímém směru, stabilitu v zatáčkách, opotřebení pneumatik a v neposlední řadě také valivé odpory, tedy spotřebu paliva. Geometrie by měla být prováděna aspoň jednou v intervalu jednoho roku, nebo po průjezdu příliš zničenou vozovkou. Špatná geometrie se nejlépe odhalí na nerovnoměrně sjížděných pneumatikách.

#### Odklon a příklon kola

Odklon kola je úhel ve vertikálním směru, tedy je-li kolo nakloněno vrchní částí, či spodní částí k podvozku (viz. Obr. 14). Pokud se kolo naklání horní částí k podvozku, jedná se o negativní odklon kola, pokud je to opačně, jedná se o pozitivní odklon kola. Odklon se měří ve stupních a minutách.

Při zrychlování v přímém směru, bude nejvíce výhodný nulový odklon, kdy je pneumatika kolmo k vozovce. Při průjezdu zatáčkou je vozidlo vlivem odstředivých sil nakloněno vně zatáčky. Proto je pro vnější kolo, které je více zatíženo, výhodnější příklon, jelikož staví kolo do lepší pozice. Na druhou stranu pro vnitřní kolo by byl lepší odklon [6], [15], [16].



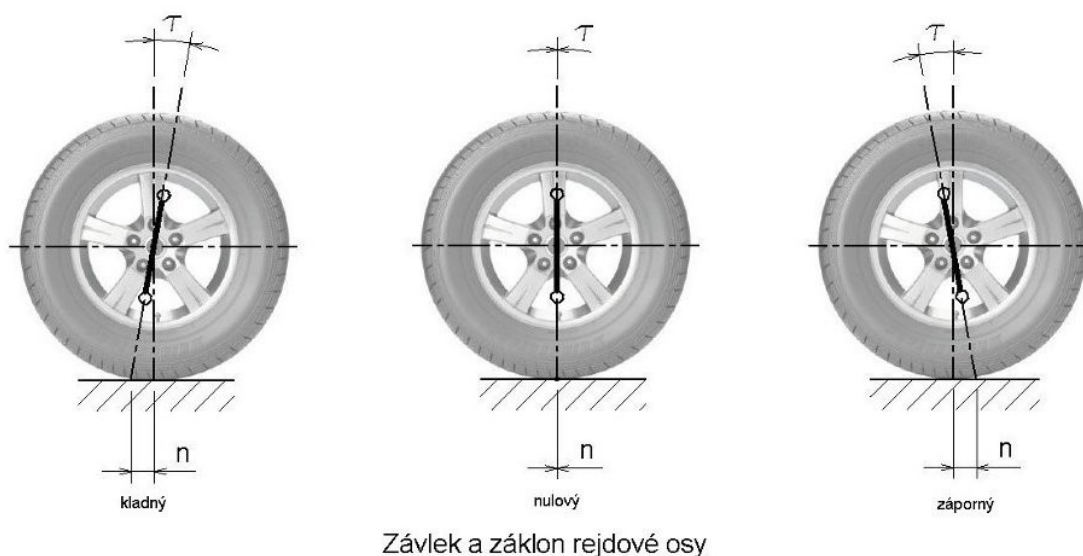
**Obr. 14** Odklon a příklon kola [16]



## Závlek a záklon

Závlek je vzdálenost mezi průsečíkem vozovky s osou kola a průsečíkem vozovky s osou rejdového čepu při pohledu z boku (viz. Obr. 15). Jako závlek je myšleno to, pokud se průsečík osy rejdového čepu nachází před svislou osou, je tedy kladný a z toho plyne, že kolo je vlečeno. Záklon rejdového čepu je v podstatě to samé, ale jedná se o úhel.

Pokud je tedy závlek kladný vrací kola do přímého směru, aniž by byl narovnáán volant řidičem. Při průjezdu zatáčkou je zde značná výhoda. Zajišťuje totiž, že při zatočení má vnější kolo negativní odklon, zatím co vnitřní kolo má odklon kladný. Jak již bylo řečeno u odklonu kola, je to při průjezdu zatáčkou příznivé pro nastavení. Záklon se stejně jako odklon udává ve stupních. Ideální hodnoty záklonu u vozů se zadním pohonem kol je někde mezi  $1^{\circ}$ - $3^{\circ}$  [6], [15], [16].



**Obr. 15** Schéma závleku a záklonu rejdové osy [16]

### 2.2.3 Kontrola kulového čepu

Pro správný komfort a funkčnost čepů vozidla je potřeba jejich kontrola, aby nedošlo k úplné destrukci kulového čepu. Kulových čepů najdeme v nápravě hned několik a to kulový čep řízení, horní a dolní kulové čepy lichoběžníkové nápravy a pomocné čepy. První možnost je preventivní výměna. Druhou možností je jednoduchá zkouška, při které je uchopeno kolo a následně zkoušeno, zda není vůle ve vertikální, či horizontální ose (viz Obr 16, Obr. 17). A třetí možnost je vizuální kontrola po demontáži kola [17].



**Obr. 16** Diagnostika vůle čepu řízení [17]



**Obr. 17** Diagnostika vůle čepu ramene [17]

#### 2.2.4 Výměna kulového čepu

Kulové čepy a jejich výměny bývají u každého vozidla většinou obdobné. Pro příklad byla vybrána výměna kulového čepu řízení na vozidle Škoda Fabia I (viz Obr. 18).

Po diagnostice, jak je zmíněno v předešlé kapitole „**2.2.3 Kontrola kulového čepu**“, byl zjištěn problém s kulovými čepy. Postup výměny byl následovný [18]:

- „1. Zvedneme vozidlo a sundáme kolo.
2. Uvolníme matici na čepu, v případě, že by se čep při povolování protáčet, zatlačíme na čep heverem (to samé platí při potížích s dotažením).
3. Povolíme matici na táhlu řízení.
4. Čep vyrazíme z těhlice pomocí kladiva (klepneme na oko pro čep v těhlici), nebo čep vytlačíme stahovákem.
5. Čep vytočíme s tyče řízení a namontujeme nový. Pokud čep natočíme do stejné polohy jako původní, změna geometrie řízení bude minimální.
6. Po každém zásahu do řízení by mělo následovat seřízení geometrie (hlavně sbíhavost kol).“

### 3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část obsahuje přípravu vzorků k měření, popis analytické metody a průběh samotné analýzy. Měření probíhalo v laboratoři Katedry chemie, Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství, VŠB-TU Ostrava.

#### 3.1 Experimentální materiál

K experimentální části byl použit kulový čep ramene vozu škody Fabie I 1.9 TDI (Obr. 18). Tento čep pocházel z dílen Katedry materiálů a technologií pro automobily, Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava.



**Obr. 18** Škoda Fabia I RS [19]

##### 3.1.1 Příprava experimentálního materiálu

Pro měření je potřeba nachystat si materiál, aby byl vhodný k testování. Samotný kulový čep musel být destruktivně rozebrán, jelikož součásti jsou do sebe pevně nalisovány. Kloubové spojení bylo nutno rozřezat pomocí úhlové brusky značky Bosch gws 9-125 (viz Obr. 15).





**Obr. 19** Uhlová bruska Bosch gws 9-120 [20]

Čep byl upnut do svěráku a pomocí plochého šroubováku byla odstraněna prachová ochrana kulového čepu (viz Obr 17), ten byl následně rozřezán. Celkově byly připraveny čtyři vzorky. Tři pocházely z čepu a jeden z pouzdra. Důvod byl porovnání procenta obsahu prvků v jak v čepu, tak v pouzdře.



**Obr. 20** Odstranění prachové ochrany kulového čepu

Při přípravě vzorků bylo potřeba vybrat součásti, které jsou svým rozměrem vhodné pro analýzu na optickém emisním spektrometru s doutnavým výbojem (GDOES).

Požadavky na vzorek jsou:

- velikost – do vzorku musí být možno vepsat kruh o průměru 12 mm,
- vzorek musí mít rovný povrch.

Zbylé kovové části byly odneseny do sběrného dvoru.



**Obr. 21** Čtyři vzorky se zbytkem kulového čepu

Připravené vzorky byly v laboratoři Katedry chemie, Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství, VŠB-TU Ostrava následně upraveny na požadovanou povrchovou úpravu pomocí brusného přístroje (viz Obr. 22).





**Obr. 22** Povrchová úprava na stolní talířové brusce HK 200

### **3.2 Experimentální metody**

Pro měření byl použit analyzátor GDOES (Glow Discharge Optical Emission Spectrometry), který funguje na principu optické emisní spektrometrie. Přístroj se nachází v laboratoři Katedry chemie, Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství, VŠB-TU Ostrava.

### 3.2.1 Optická emisní spektrometrie

Vzorky oceli byly analyzovány pomocí emisní spektrometrické analýzy a to spektrometrem Spectruma Analytik GMBH model GDA 750A (viz Obr. 22) za budících podmínek 700 V a 35mA. Pro přímou analýzu pevných vzorků jsou na optickém emisním spektrometru s doutnavým výbojem provozovaném na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava k dispozici 2 měřicí módy:

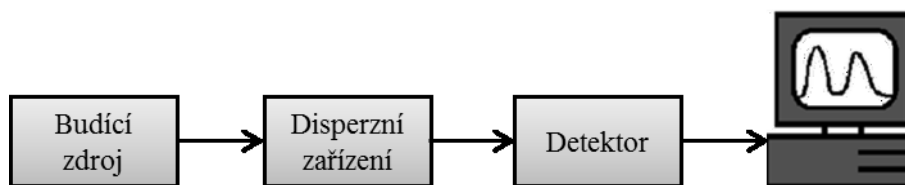
- „BULK mód“ – objemová analýza (průměrná koncentrace prvků ve vzorku),
- „DPA mód“ – profilová analýza (časově rozložené koncentrace prvků ze vzorků).

Připravené vzorky kulového čepu a pouzdra byly analyzovány BULK módem.



**Obr. 23** Spektrometr Spectruma Analytik GDA 750 [22]

Základní uspořádání atomového emisního spektrometru vysvětluje schéma na Obr. 24. Metody atomové spektrální analýzy jsou rozděleny podle druhu budícího zdroje.



**Obr. 24** Schéma atomového emisního spektrometru [21]

Zdrojem budící energie bývá chemický plamen s vysokou teplotou kolem 3000 K, elektrický oblouk nebo jiskra, plazma (při teplotách nad 3500 °C), doutnavý výboj, rotační grafitová elektroda atd. V předkládané bakalářské práci byla použita emisní spektrometrie GDOES, který využívá jako zdroj doutnavý výboj.

### **Doutnavý výboj**

Spektrální analýza s doutnavým výbojem (Glow Discharge Spectrometry – GDS), má vyšší stabilitu než jiskrový výboj a proto je u této metody analýza přesnější. V analytickém „jiskřišti“ je umístěna anoda, která má tvar válečku a funkci katody plní vzorek (obr. 25). Nejprve se evakuuje jiskřiště a přes regulační obvod se napouští argon tak, aby tlak dosáhl hodnoty asi 103 Pa. Po puštění napětí do elektrody se atomy argonového plynu ionizují, ty jsou pak urychlovány v elektrickém poli a dopadají na povrch katody, tedy vzorku. Odtud se „vyráží“ atomy vzorků, které jsou vybuzeny z velké části srážkami s dopadajícími ionty argonu a elektrony. Za těchto podmínek vzniká doutnavý výboj, je označován jako Grimmův, ten se také uplatňuje ve výbojkách s dutou katodou využívaných v atomové absorpční spektrometrii. Z toho důvodu z jiskřiště vystupuje charakteristické záření materiálu vzorku. Intenzita tohoto záření závisí na tlaku a proudu, nebo napětí výboje. Obě veličiny lze stabilizovat, a proto má stanovení GDS vysokou opakovatelnost. Tímto způsobem se dají testovat i práškové vzorky a povrchy kovových slitin [21].

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Cílem této bakalářské práce, respektive jejího měření, bylo porovnání chemického složení připravených vzorků z kulového čepu a pouzdra čepu. Pro porovnání byla použita metoda GDOES. Pomocí této metody byl zjištěn obsah železa, uhlíku, manganu, křemíku, fosforu, síry, chromu, niklu, molybdenu, titanu, kobaltu, boru, mědi, vanadu, wolframu, zirkonu, hliníku a také olova. V případě připravených vzorků obsah olova nepřesáhl hodnotu 0,0005 %, tudíž bylo z hodnocení vyloučeno.

Každý vzorek byl z důvodu dodržení podmínek opakovatelnosti změřen na dvou místech pětkrát. Hodnoty byly poté zprůměrovány (viz Tab. 1).

**Tab. 1** Obsahy prvků v připravených vzorcích

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
	hmotnostní %							
Kulový čep č. 1	0,363	0,735	0,141	0,009	0,016	0,953	0,072	0,011
Kulový čep č. 2	0,366	0,712	0,134	0,010	0,017	0,963	0,073	0,013
Kulový čep č. 3	0,370	0,700	0,131	0,011	0,018	0,948	0,072	0,012
Pouzdro kulového čepu	0,321	0,533	0,244	0,013	0,016	0,103	0,072	0,011
	Ti	Co	B	Cu	V	W	Zr	Al
	hmotnostní %							
Kulový čep č. 1	0,004	0,026	0,001	0,107	0,007	0,033	0,021	0,014
Kulový čep č. 2	0,004	0,038	0,001	0,113	0,008	0,036	0,025	0,014
Kulový čep č. 3	0,004	0,024	0,001	0,100	0,008	0,035	0,024	0,014
Pouzdro kulového čepu	0,003	0,022	0,001	0,016	0,004	0,009	0,022	0,280

Z tabulek vyplývá, že vzorky kulového čepu obsahují vyšší hmotnostní koncentrace uhlíku, chromu, manganu a wolframu. Ve vzorcích pouzdra byl zaznamenán vyšší obsah hliníku. Mangan, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole o legování prvků, zvyšuje pevnost. Vyšší obsah hliníku znamená lepší ochranu proti korozi.

**Tab. 2** Porovnání obsahů vybraných prvků v připravených vzorcích

	C	Mn	Si	Cr	Cu	Al	Co	W
	hmotnostní %							
Kulový čep	0,366	0,716	0,135	0,955	0,107	0,014	0,029	0,143
Pouzdro kulového čepu	0,321	0,533	0,244	0,103	0,016	0,035	0,022	0,009

Ze třiceti naměřených hodnot byly spočítány průměrné hmotnostní koncentrace vybraných prvků tří vzorků kulového čepu a vzorků pouzdra (viz Tab. 2). Po porovnání těchto hodnot bylo zjištěno, že se hodnoty některých prvků u pouzdra a čepu mírně lišily. Největší rozdíl byl patrný u chromu, wolframu a mědi. Tyto prvky byly vyšší u kulového čepu, kdežto u pouzdra byl zjištěn vyšší obsah hliníku. Rozdíl se projevil při obou měření stejně.

Norma ČSN 10200 předepisuje minimální hmotnostní koncentraci prvků v oceli (viz Tab. 3), nad kterou lze ocel považovat za legovanou. Podle této tabulky lze za legující prvek označit pouze chrom.

**Tab. 3** Minimální hodnoty pro legování v hmotnostních procentech dle ČSN 10020 [23]

Al	B	Bi	Co	Cr	Cu	La	Mn	Mo	Nb	Ni
hmotnostní %										
0,10	0,0008	0,10	0,10	0,30	0,40	0,05	1,65	0,08	0,06	0,30
Pb	Se	Si	Te	Ti	V	W	Zr	zbylé (bez C, P, S, N)		
hmotnostní %										
0,40	0,10	0,50	0,10	0,05	0,10	0,10	0,05	0,14		

Z obsahu prvků bylo také zjištěno, že u pouzdra se jedná o ocel třídy 12 040 a v případě kulového čepu o ocel 14 140.

Ocel 14 140 patří mezi ušlechtilé oceli (oceli třídy 13-16) a vyznačuje se vysokou pevností, která vyplývá z vysokého obsahu chromu; jedná se tedy o chromovou ocel. Tento materiál je v zušlechťeném stavu (zušlechťený na vyšší pevnost) vhodný pro strojní díly a části silničních vozidel jako jsou hřídele, nápravy, válce, ozubená kola, a také kulové čepy [23].

Ocel třídy 12 040 je materiál, který je určen pro následné zušlechťování, v tomto případě bylo u vzorku pouzdra zaregistrováno přístrojem mírné zvýšení obsahu hliníku a to z důvodu nitridace. Nitridace je povrchová úprava materiálu, která je nutná pro dosažení lepších vlastností, jako jsou ochrana proti korozi, či zvyšování tvrdosti. Po těchto zušlechťovacích procesech je možno tento materiál použít pro menší a namáhané díly v motorových vozidlech, jako jsou například kulové čepy [23].

Ve vzorcích kulového čepu byl dále zjištěn zvýšený obsah mědi a to z důvodu lepších kluzných vlastností, které mají právě u čepů na kulové ploše své opodstatnění.

## 5 ZÁVĚR

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na podvozky motorových vozidel, jejichž nedílnou součástí jsou kulové čepy. Dále je v této práci znázorněna kontrola a také výměna kulových čepů. S výměnou kulových čepů souvisí i geometrie vozidla. Úzce je zde rozepsána funkčnost posilovačů řízení a jejich druhy.

Kulový čep je vysoce namáhán a musí svým tvarem a pevností materiálu toto namáhání snášet. Samotné pouzdro takoveto namáhání snášet nemusí, jelikož je mezi pouzdrem a čepem vložena pružinka, či polyuretanové pouzdro. Pevnost materiálu úzce souvisí s jeho chemickým složením, proto bylo úkolem BP stanovit hmotnostní obsahy minoritních prvků.

Praktická část bakalářské práce je soustředěna identifikací chemického složení materiálu kulového čepu. V této části je rozvedená příprava vzorků a metody měření. V diskuzi jsou porovnávána hmotnostní procenta jednotlivých prvků obsažených v obou částech kulového čepu. Z těchto hodnot byl v BP potvrzen předpoklad, že kulový čep má mnohem větší pevnost než jeho pouzdro. A to z důvodu vyšší třídy oceli, jelikož se vyznačuje větší tvrdostí, aniž by byla nějakým způsobem tepelně upravována.



## 6 SEZNAM LITERATURY

- [1] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 3., přeprac., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: František Vlk, 2006, vii, 464 s. ISBN 80-239-6464-x.
- [2] JAN, Z., Žďánský, B., ČUPERA, J., *Automobily* 2. vyd. Brno: AVOID, 2009
- [3] Tomáš Dusil. Posilovače řízení: Místo hydrauliky elektřina. Auto Tip. [online]. 7.12.2013 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/posilovace-rizeni-misto-hydrauliky-elektrina-78256>
- [4] POŠTA, Josef. *Oprávenství a diagnostika II: pro 2. ročník UO Automechanik*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Informatorium, 2008, 186 s. ISBN 978-80-7333-066-8.
- [5] JAN, Z., VÉMOLA, A., Žďánský, B.: *Automobily – podvozek a převodová ústrojí*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno 2003
- [6] Podvozkové centrum APM Bilstein – 4. díl: Kulové čepy. AutoPROFITEAM. [online]. 11.3.2010 [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <http://www.autoprofiteam.cz/article.php?artid=549>
- [7] MOTEJL, Vladimír a Karel HOREJŠ. *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. Vyd. 3. Brno: Littera, 2004, 610 s. ISBN 80-85763-24-9.
- [8] ROLE OF ALLOYING ELEMENTS IN STAINLESS STEEL. SSINA. [online]. [2010] [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: [http://www.ssina.com/overview/alloyelements\\_intro.html](http://www.ssina.com/overview/alloyelements_intro.html)
- [9] Vliv jednotlivých prvků na vlastnosti ocelí. tumlikovo. [online]. [2010] [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/vliv-jednotlivych-prvku-na-vlastnosti-oceli/>
- [10] Shortening the Process Chain in the Ball Pin Production. swiss-steel.com. [online]. [2013] [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: [http://www.swiss-steel.com/fileadmin/files/swiss-steel.com/documents/dokumente/8\\_Shortening\\_the\\_process\\_chain\\_in\\_the\\_ball\\_pin\\_production...pdf](http://www.swiss-steel.com/fileadmin/files/swiss-steel.com/documents/dokumente/8_Shortening_the_process_chain_in_the_ball_pin_production...pdf)
- [11] Chassis. Wikipedia. [online]. 27.3.2015 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chassis>
- [12] Ball Joint, Control Arm, and Tie Rod Inspection Tips. knowyourparts. [online]. [2010] [cit. 2015-01-26]. Dostupné z: <http://www.knowyourparts.com/technical-articles/ball-joint-control-arm-and-tie-rod-inspection-tips/>
- [13] AUTOR NEUVEDEN. TATRA [online]. [cit. 22.4.2015]. Dostupné z: [http://www.tatra.cz/cache/images/galleryPreviewBig/02\\_naprava-t810\\_predni.png](http://www.tatra.cz/cache/images/galleryPreviewBig/02_naprava-t810_predni.png)
- [14] PODVOZEK – NÁPRAVY. auta 5p. [online]. [2010] [cit. 2015-01-24]. Dostupné z: <http://auta5p.eu/informace/podvozek/podvozek1.php>
- [15] Steering Geometry. <http://www.theimi.org.uk/>. [online]. [2009] [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://www.autoznanosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/40-geometriezavesenikol.html>

- [16] Geometrie zavěšení kol. [www.autoznalosti.cz.](http://www.autoznalosti.cz/) [online]. 29.3.2012 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.autoznalosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/40-geometriezavesenikol.html>
- [17] Diagnostika vozidel – mechanické části. *SŠA Prostějov*. [online]. 1.2.2010 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://www.ssaprostejov.cz/grant/temata/pdf/tema\\_72.pdf](http://www.ssaprostejov.cz/grant/temata/pdf/tema_72.pdf)
- [18] Výměna čepu řízení – Fabia. *autoopravy*. [online]. [2008] [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.autoopravy.eu/index.php?akce=2&id=321>
- [19] Recenze ojetin- Škoda Fabia. *Vybersiauto.cz*. [online]. 22.7.2010 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://magazin.vybersiauto.cz/recenze-ojetin-skoda-fabia-i.html>
- [20] GWS 9-125 Professional. Bosch Elektrowerkzeuge für Handwerk und Industrie. [online]. [2014] [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://www.bosch-professional.com/de/de/gws-9-125-28143-ocs-p/>
- [21] Petr Praus, Jiřina Vontorová. Analytická chemie II. katedry.fmmi.vsb.cz. [online]. [2015] [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: [http://katedry.fmmi.vsb.cz/617/Analyticka\\_chemie\\_II.pdf](http://katedry.fmmi.vsb.cz/617/Analyticka_chemie_II.pdf)
- [22] Spektrometry GDA 750 HR. *pectruma.exportpages.cz*. [online]. [2015] [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://spectruma.exportpages.cz/productdetail/1070744363-1.htm>
- [23] ARZBERGER, Jan. *Oceli: výrobní program*. Praha: [s.n.], 1980, 283 s.
- [24] Definition and classification of grades of steel. *Wuxi Petrotube Industries Co.* [online]. [2000] [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.wxpttb.com/upload/Files/201212/201212261442910.pdf>

## 7 SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 1</b>	Schéma uložení kola [1].....	5
<b>Obr. 2</b>	Schéma dvou druhů řízení.....	6
<b>Obr. 3</b>	Schéma přímého řízení [7].....	7
<b>Obr. 4</b>	Řízení s posilovačem řízení ECU [3].....	7
<b>Obr. 5</b>	Schéma řízení s hydraulickým posilovačem [7] .....	8
<b>Obr. 6</b>	Tuhá přední náprava, hnací Tatra T-810 [13] .....	9
<b>Obr. 7</b>	Lichoběžníková náprava [14].....	10
<b>Obr. 8</b>	Náprava McPherson [14] .....	11
<b>Obr. 9</b>	Trvale mazaný kulový kloub [2].....	11
<b>Obr. 10</b>	Mazaný kulový čep [2] .....	12
<b>Obr. 11</b>	Kulové čepy [1].....	12
<b>Obr. 12</b>	Čepový kloub s polyuretanovou miskou [1] .....	13
<b>Obr. 13</b>	Axiální kulový kloub [1].....	13
<b>Obr. 14</b>	Odklon a příklon kola [16].....	15
<b>Obr. 15</b>	Schéma závleku a záklonu rejdové osy [16].....	16
<b>Obr. 16</b>	Diagnostika vůle čepu řízení [17] .....	17
<b>Obr. 17</b>	Diagnostika vůle čepu ramene [17] .....	17
<b>Obr. 18</b>	Škoda Fabia I RS [19].....	19
<b>Obr. 19</b>	Uhlová bruska Bosch gws 9-120 [20].....	20
<b>Obr. 20</b>	Odstranění prachové ochrany kulového čepu .....	20
<b>Obr. 21</b>	Čtyři vzorky se zbytkem kulového čepu.....	21
<b>Obr. 22</b>	Povrchová úprava na stolní talířové brusce HK 200.....	22
<b>Obr. 23</b>	Spektrometr Spectruma Analytik GDA 750 [22] .....	23
<b>Obr. 24</b>	Schéma atomového emisního spektrometru [21].....	24

## 8 SEZNAM TABULEK

<b>Tab. 1</b>	Obsahy prvků v připravených vzorcích .....	25
<b>Tab. 2</b>	Porovnání obsahů vybraných prvků v připravených vzorcích.....	25
<b>Tab. 3</b>	Minimální hodnoty pro legování v hmotnostních procentech dle ČSN 10020 [23] .....	26